

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология  
Отделение химической инженерии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы			
<b>Модификация растительных нефтесорбентов</b>			
УДК 665.6:661.183-035.2			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Гесс Татьяна Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения химической инженерии	Ротарь О.В.	к.х.н. старший научный сотрудник		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына З.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Король И.С	К.х.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Бондалетова Л.И.	д.х.н., доцент		

Томск – 2018г.

## Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные знания для создания <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие</i> знания в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации
P10	Демонстрировать <i>глубокие</i> знания <i>социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология  
 Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) Бондалетова Л.И.  
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ6А	Гесс Татьяне Андреевне

Тема работы:

<b>Модификация растительных нефтесорбентов</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1298/С от 28.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.18
--	----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования - сорбент Сфагнум</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор литературы</p> <p>Экспериментальная часть: исследование характеристик сорбента в зависимости от способов модификации, подбор оптимальной температуры карбонизации сорбента.</p> <p>Обсуждение результатов выполненной работы</p> <p>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p> <p>Раздел «Социальная ответственность»</p> <p>Раздел на иностранном языке</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>

### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Обзор литературы, Методы исследования, Результаты исследования	доцент, старший научный сотрудник. Ротарь О.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	К.т.н., доцент Креницына З.В.
Социальная ответственность	к.х.н., доцент Король И.С
Обзор литературы на иностранном языке	ст. преподаватель Рыманова И.Е

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

На русском: раздел №2,3

На английском: chapter №2,3

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.09.16
--	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения химической инженерии	Ротарь О.В.	К.Х.Н., С.Н.С		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Гесс Татьяна Андреевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ6А	Гесс Татьяна Андреевна

Инженерная школа природных ресурсов		Отделение химической инженерии	
Уровень образования	Магистр	Направление	18.04.01 Химическая технология

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<b>1.</b> Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оценить стоимости материально-технических ресурсов для получения нефтесорбентов с более усовершенствованными свойствами
---	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценить коммерческий и инновационный потенциал технологии получения нефтесорбентов с более усовершенствованными свойствами
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Календарное планирование работ, построение диаграммы Ганта, оценка рисков, связанных с выполнением проекта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	определить ресурсную, финансовую и экономическую эффективность проекта

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
К.т.н., доцент социально гуманитарных наук	Криницына Зоя Васильевна	К.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Гесс Татьяна Андреевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ6А	Гесс Татьяна Андреевна

Инженерная школа природных ресурсов		Отделение химической инженерии	
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	18.04.01 Химическая технология

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объектом исследования является модифицированный природный сорбент Сфагнум. Сорбент исследуется на способность поглощать углеводороды из водных сред.</i></p> <p><i>Объект исследуется по методике определения адсорбционной способности по метиленовому голубому.</i></p> <p><i>Рабочая зона: лаборатория ТПУ</i></p>
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ вредных факторов производственной среды</p> <p>1.2. Анализ опасных факторов производственной среды</p>	<p><i>Выявлена производительная безопасность разработки</i></p> <p><i>1.1 вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уксусный ангидрид. ГОСТ 21039-75</li> <li>- уксусная кислота. ГОСТ 61-75</li> <li>- соляная кислота. ГОСТ 3118-77</li> </ul> <p><i>При работе кислотами необходимо применять индивидуальные средства защиты (фильтрующие противогазы марок В, БКФ, спецодежда, резиновые перчатки, резиновые сапоги, фартук и защитные очки), а также соблюдать меры личной гигиены.</i></p> <p><i>В лаборатории используется следующая спецодежда и средства индивидуальной защиты:</i></p> <p><i>халат хлопчатобумажный,</i></p> <p><i>фартук прорезиненный,</i></p> <p><i>резиновые перчатки,</i></p> <p><i>очки защитные,</i></p> <p><i>респиратор.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Повышенная температура поверхностей оборудования ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ;</li> <li>- Недостаток естественного освещения. СП 52.13330.2011</li> <li>- повышенный уровень шума ГОСТ 12.1.003–14</li> </ul> <p><i>1.2 опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электробезопасность <a href="#">ГОСТ Р 12.1.019-2009</a> ССБТ.</li> <li>- Пожароопасность. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности</li> </ul>
--	---

<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> </ul>	<p><i>-Воздействие на жилую зону нет.</i></p> <p><i>- Возможна контаминация воздушной среды парами уксусного ангидрида, уксусной кислоты, и соляной кислоты.</i></p> <p><i>Необходимо работать в ламинарном шкафу при включенной вентиляции, утилизация отработанного материала непосредственно после опыта;</i></p>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p><i>К чрезвычайным ситуациям относится возникновение пожара на рабочем месте в результате разлива ЛВЖ, облив химикатами, ожог кислотами и неисправностями в электрооборудовании.</i></p>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><i>Работа производится по всем трудовым нормам и согласованна с трудовым кодексом РФ.</i></p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент Отделения контроля и диагностики ИШНКБ	Король И.С	К.х.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Гесс Татьяна Андреевна		

## РЕФЕРАТ

Диссертация изложена на 116 страницах, включает 28 таблиц, 31 иллюстрации, 20 формул и состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованных источников из 57 наименований и приложения.

Ключевые слова: адсорбция, водопоглощение, гидрофобизация, нефть, нефтепродукты, нефтеемкость, плавучесть, сорбенты.

Объектом исследования является Сфагновый мох растительного происхождения.

Цель работы – исследование процесса адсорбции углеводородов с водных поверхностей природными сорбентами.

В процессе исследования были изучены адсорбционные, фильтрационные свойства мха.

В результате исследования определена адсорбционная емкость сорбента по метиленовому голубому; определены основные характеристики сорбента, а именно нефтепоглощение, водопоглощение, плавучесть; проведена химическая и физическая модификация сорбента.

Область применения: нефтегазовая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: применение Сфагнового мха для ликвидации разливов нефти с водных поверхностей является экономически выгодной и экологически безопасной технологией. Данный сорбент можно рекомендовать к использованию как один из наиболее дешевых сорбентов. Технологическое оборудование для проведения адсорбции может быть использовано в самом простейшем варианте.



## **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 21039-75. Уксусный ангидрид. Технические условия.
2. ГОСТ 61-75. Уксусная кислота. Технические условия
3. ГОСТ 3118-77. Соляная кислота. Технические условия.
4. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Повышенная температура поверхностей оборудования.
5. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
6. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
7. ГОСТ 12.4.009-83. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
8. ГОСТ 4453-74. Уголь активированный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия.
9. ГОСТ 61-75. Реактивы. Кислота уксусная. Технические условия.
10. ГОСТ 9965-76. Нефть для нефтеперерабатывающих предприятий. Технические условия.
11. ТУ 214-10942238-03-95. Оценка эффективности сорбента.

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**абсорбция:** процесс избирательного поглощения компонентов газовой смеси жидким поглотителем (абсорбентом);

**адсорбция:** поглощение вещества из газообразной среды или раствора поверхностным слоем жидкости или твердого тела;

**гидрофильность, гидрофобность:** характеристики интенсивности молекулярного взаимодействия поверхности тел с водой;

**плавучесть:** способность сорбента удерживаться на водной поверхности.

## **Сокращения**

НЕ - нефтеемкость;

МГ - метиленовый голубой;

АУ – активированный уголь;

ВП - водопоглощение;

НП – нефтепродукты.

## Содержание

### Введение

1. Обзор литературы.....	18
1.1 Характеристика нефти.....	18
1.1.1 Состав нефти.....	18
1.1.2 Свойства нефти.....	19
1.2 Влияние нефти на окружающую среду.....	21
1.3 Способы очистки от нефти.....	23
1.4 Виды сорбентов.....	24
1.5 Требования, предъявляемые к сорбентам.....	25
1.6 Сорбент мох <i>Sphagnum Dill</i> .....	26
1.7 Утилизация сорбентов после использования.....	29
2. Объект и методы исследования.....	30
2.1 Объект исследования мох <i>Sphagnum Dill</i> .....	30
2.2 Методы исследования .....	32
2.2.1 Определение адсорбционной способности по метиленовому голубому.....	32
2.2.2 Определение основных характеристик сорбентов.....	37
2.3 Способы модификации сорбентов.....	38
2.3.1 Химическая модификация.....	38
2.3.2 Физическая модификация.....	39
3. Результаты проведенного исследования.....	41
3.1 Определение степени адсорбции сорбента.....	41
3.2 Результаты ацетоксилирования сорбента уксусным ангидридом.....	43
3.3 Результаты ацетоксилирования сорбента уксусной кислотой.....	45

3.5 Результаты обработки сорбента соляной кислотой.....	49
3.6 Фракционирование.....	51
3.7 Результаты воздействия на сорбент низких температур.....	52
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	58
4.1 Предпроектный анализ.....	58
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	58
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	59
4.1.3 Диаграмма Исикавы.....	61
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	62
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	63
4.1.6 Инициация проекта.....	64
4.1.7 Цели и результаты проекта.....	64
4.1.8 Организационная структура проекта.....	65
4.1.9 Ограничения и допущения проекта.....	66
4.1.10 Планирование управления научно-техническим проектом.....	66
4.1.11 План проекта.....	66
4.1.12 Бюджет научного исследования.....	66
4.1.13 Организационная структура проекта.....	71
4.1.14 Матрица ответственности.....	72
4.1.15 План управления коммуникациями проекта.....	72
4.1.16 Реестр рисков проекта.....	73
4.1.17 План управления контрактами и поставками.....	74
4.2 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	74
4.2.1 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	74

5 Социальная ответственность.....	78
5.1 Производственная безопасность.....	78
5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды.....	78
5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среду.....	82
5.2 Экология безопасности.....	84
5.2.1 Воздействие на атмосферу.....	84
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	85
5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования.....	85
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	86
5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	86

Заключение

Список публикаций

Список литературы

Приложение А. Разделы, выполненные на иностранном языке

## **Введение**

**Актуальность работы.** Внутренние водные пути России составляют более восьмидесяти тысяч километров. Природные водоемы служат естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих непосредственно в атмосферу или литосферу. Это связано с глобальным круговоротом воды, способностью воды растворять различные газы и минеральные вещества. Многие предприятия, использующие нефтепродукты в качестве топлива, смазочные материалы и технологические жидкости сливают в реки, озёра и моря тонны неочищенных или недостаточно очищенных промышленных, поверхностных и ливневых сточных вод. Подобные сбросы наносят непоправимый ущерб экологии.

Проблема очистки сточных вод - самая актуальная в области экологической безопасности нашей страны и наиболее действенной мерой в решении данной проблемы является предварительная очистка и предотвращение попадания в водоемы нефтепродуктов и других загрязняющих веществ.

Утилизация аварийных разливов нефти, нефтепродуктов и органических веществ на поверхности воды можно отнести к наиболее существенной задаче охраны окружающей среды.

Исходя из различных литературных источников, в воды Мирового океана попадает порядка 10 млн тонн нефтепродуктов и органических веществ.

В Российской Федерации, большая часть нефтепродуктов добывается на территории Сибири (в Тюменской, Томской и Иркутской областях), от куда при помощи трубопровода нефть транспортируется по разливным уголкам России, а так же в страны ближнего и дальнего зарубежья. Трубопроводы могут проходить как под землей, так и под водой. Не редко, особенно находясь под водой, трубы подвержены коррозии, в следствие чего

на их поверхности появляются трещины, через которые нефть начинает просачиваться на поверхность.

Попадание нефти и нефтепродуктов на поверхность земли и воду, может привести к огромному ущербу как растительного, так и животного мира.

В следствии аварийных разливов, теряется порядка 1 млн. тонн нефтепродуктов в год.

С увеличением количества аварий возникающие при транспортировке нефти, увеличивается острота вопроса связанная с проблемами охраны окружающей среды. Приоритетным вопросом является перечень методов, которые необходимы для ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов.

Одним из наиболее эффективных и экологических методов для решения данной проблемы является сбор нефтяной пленки с поверхности водоема при помощи нефтесорбентов.

Анализ многочисленной литературы по изучению свойств и структуры сорбентов позволяет сформулировать основные требования к сорбентам, которые применяются для сбора нефти и нефтепродуктов. К таким свойствам можно отнести гидрофобность, доступность и дешевизна [1].

На сегодняшний день известно огромное количество сорбентов, как растительного, так и искусственного происхождения [2]. Однако использование и закупка синтетических сорбентов (поролон, синтепон, карбамидоформальдегидная смола) является весьма дорогостоящей, а применение дешевых растительных сорбентов (солома, шелуха гречихи, опилки, торф, мох и др.) является не эффективным, в следствии низкой плавучести и поглотительной способности. кроме того, многие сорбенты обладают гидрофильными свойствами, что является не приемлемым для использования таких сорбентов на поверхности воды, так как эти сорбенты обладают низким показателем плавучести.



Таким образом, разработка эффективных методов ликвидации аварийных разливов органических веществ является актуальной задачей.

**Объектом исследования** является Sphagnum Dill (сфагновый мох) растительного происхождения.

**Целью работы** является изучение способов модификации целлюлозосодержащих нефтесорбентов.

Для решения этой задачи было необходимо исследовать свойства сорбента и определить его основные характеристики.

**Научная новизна:**

1. Определена адсорбционная емкость Сфагнового мха по метиленовому голубому;
2. Проведена модификация сорбента с целью повышения нефтеемкости, плавучести и понижения водопоглощения.

**Практическая значимость.**

1. Разработан способ получения сорбента, обладающего высокой сорбционной и удерживающей способностью, с целью ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.
2. Получены опытные данные, характеризующие сорбент, которые позволяют оценить его сорбционную емкость.
3. Выполнен сравнительный анализ различных видов сорбентов по их основным характеристикам.
4. Проанализирована потребность в данном сорбенте для ликвидации аварийных разливов нефти.

## 1. Обзор литературы

### 1.1 Характеристика нефти

Нефть (или сырая нефть) это сложная, жидкая смесь природного происхождения, содержащая преимущественно углеводороды, но также содержащая некоторые соединения кислорода, азота и серы. Ее часто называют «черным золотом».

Ископаемое топливо сформировалось тогда, когда большое количество мертвых организмов, как правило, зоопланктоны и водоросли, были похоронены под осадочными породами и были подвергнуты высокой температуре и давлению [3].

#### 1.1.1. Состав нефти

Углеводородами в нефти являются в основном алканы (парафины), циклоалканы (нафтены) и различные ароматические углеводороды, кроме того, другие органические соединения содержат азот, кислород и серу, а в малых количествах содержатся металлы, такие как железо, никель, медь и ванадий [4].

Доля химических элементов меняется в достаточно узких пределах следующим образом:

Таблица 1 – Химический состав сырой нефти

Элемент	Процентный диапазон
Углерод	от 83 до 87%
Водород	от 10 до 14%
Азот	от 0.1 до 2%
Кислород	от 0.05 до 1.5%
Сера	от 0.05 до 6.0%
Металлы	< 0.1%

Четыре различных вида молекул углеводорода содержатся в сырой нефти.

Таблица 2 – Различные виды молекул углеводорода

Углеводороды	Средний диапазон
Парафины	от 15 до 60%
Нафтенy	от 30 до 60%
Ароматические	от 3 до 30%
Асфальтены	остаток

В условиях давления и температуры поверхности, легкие углеводороды, такие как метан, этан, пропан и бутан имеют вид газов, в то время как пентан и более тяжелые углеводороды находятся в виде жидкостей или твердых веществ.

Смесь сырой нефти состоит из следующих групп:

1. Углеводородные соединения (соединения из углерода и водорода);
2. Органические соединения, содержащие серу, азот, кислород;
3. Металлоорганические соединения и неорганические соли (металлические соединения).

Главными компонентами большинства нефтей являются углеводородные соединения. Все классы углеводородов присутствуют в сырой смеси, кроме алкенов и алкинов [5].

### ***1.1.2 Свойства нефти***

Сырая нефть существенно отличается по своим свойствам в зависимости от происхождения и соотношения различных компонентов в ее смеси.

Легкие сорта сырой нефти обычно дают более ценные легкие и средние дистилляты, и реализуется по наиболее высокой цене. Нефти, содержащие высокий процент примесей, таких как соединения серы, менее

желательны, чем нефти с низким содержанием серы, из-за своих коррозионных свойств и дополнительных затрат на очистку.

Ниже приведены некоторые из наиболее важных критериев, используемых для определения свойств нефти.

Плотность определяется как масса на единицу объема вещества при определенной температуре. Плотность нефти составляет примерно  $800 \text{ кг/м}^3$ .

Более значимой единицей, используемой в нефтяной промышленности, является удельный вес, который представляет собой отношение массы данного объема вещества к массе такого же объема воды, измеренные при одинаковой температуре. Удельный вес используется для вычисления массы сырой нефти.

Вязкость представляет собой меру сопротивления жидкости потоку. Он играет очень важную роль в нефтяной промышленности. Вязкость образца нефти в значительной степени определяет ее пригодность в коммерческих целях [6].

Легкая нефть ценится инженерами-нефтяниками за способность выступать в качестве идеальной жидкости. Менее вязкая нефть, например, легкая малосернистая, может улучшить качество моторных масел, которые обеспечивают смазку и защиту чувствительной техники в широком диапазоне температур.

Тяжелая сырая нефть считается более распространенной и содержит больше энергии на единицу объема в связи с ее высокой концентрацией углеводородов. Из-за этого, она идеально подходит для массового применения.

Содержание соли выражается в миллиграммах хлорида натрия на литр нефти (или в фунтов/баррель), указывает количество соли, растворенной в воде. Вода в сырой нефти в основном присутствует в эмульгированной форме. Повышенное содержание соли в нефти создает серьезные проблемы с коррозией во время переработки [6].

Температура застывания сырой нефти – это минимальная температура, при которой наблюдается движение нефти в условиях испытания. Загрузка и транспортировка сырой нефти, а также тяжелых топлив трудно осуществлять при температуре ниже их температуры застывания.

Зольность указывает на количество металлических частиц в сырой нефти. Зола, оставшаяся после сжигания нефти, обычно состоит из устойчивых солей металлов, оксидов металлов и оксида кремния.

### ***1.2 Влияние нефти на окружающую среду***

Нефть играет значительную роль в нашем обществе. Она представляет собой намного большее, чем просто один из основных источников энергии, используемых человечеством. Помимо того, что это важный источник энергии, нефтепродукты служат сырьем для ряда товаров народного потребления, тем самым играя все большую и значимую роль в жизни людей [7]. С другой стороны, нефтяная промышленность имеет большой потенциал опасностей для окружающей среды и может негативно повлиять на нее на разных уровнях: на воздух, воду, почву, и, следовательно, на всех живых существ на нашей планете. Загрязнение связано практически со всей деятельностью на всех этапах добычи нефти и газа, от исследовательской деятельности до нефтепереработки [8, 9].

Загрязнение воды, океанов и участков суши нефтепродуктами представляет собой большую проблему окружающей среды. Такие загрязнения часто являются результатом кораблекрушений, бесконтрольных утечек из скважин нефтяных буровых вышек, стоков с судов, фабрик и тому подобное [10].

Гидрофобные (неполярные) соединения, такие как нефть, не растворяются в гидрофильных (полярных) растворителях, таких как вода, и поэтому влекут за собой проблему для окружающей среды, поскольку они распадаются медленнее, чем водорастворимые соединения. Другой

проблемой, связанной с гидрофобными соединениями, служит тот факт, что часто эти соединения являются чрезвычайно клейкими.

Разлитая нефть представляет серьезную угрозу пресной воде и морским средам. Разлитая нефть может нанести вред окружающей среде несколькими способами, включая физические повреждения, которые непосредственно влияют на дикую природу и среду обитания (например, покрытия птиц или млекопитающих слоем нефти), а также токсичность самой нефти, которой могут подвергнуться живые организмы [11].

Любой разлив нефти в океане является смертным приговором для морских птиц. Некоторые виды береговых птиц могут избежать этого путем перемещения, если они ощущают опасность вовремя, которые плавают и ныряют за едой, несомненно, будут покрыты нефтью.

Даже небольшое количество нефти может стать смертельным для птицы. Покрывая перья, нефть делает не только невозможным полет птиц, но также и разрушает их естественную гидроизоляцию и теплоизоляцию, что подвергает их воздействию гипотермии или перегрева [12].

Разливы нефти часто убивают морских млекопитающих, таких как киты, дельфины, тюлени и морские выдры. Смертоносный ущерб может принимать различные формы. Даже тогда, когда морские млекопитающие избегают немедленного воздействия, разлив нефти может привести к повреждению путем заражения их пищи [13].

Серьезная угроза исходит от нефтяного загрязнения на подземные воды. Когда происходит разлив нефти, или сброс сточных вод, нефть просачивается в землю и смешивается с системой грунтовых вод.

Нефть имеет недостатки, такие как:

1. Переработка нефти загрязняет воздух. Преобразованная сырая нефть в нефтепродукты выделяет токсины в атмосферу, которые являются опасными для человека и экосистемы.

2. Сжигание бензина с выделением  $\text{CO}_2$ . Хотя нефть не выпускает такое же количество  $\text{CO}_2$ , как при сжигании угля, она способствует выбросу парниковых газов в атмосферу и усиливает глобальное потепление.

3. Разливы нефти причиняют большой ущерб окружающей среде. Крупные разливы нефти иногда возникают в процессе бурения и транспортировки, что, конечно, влияет на окружающую среду [14].

Последствия разливов нефти на окружающую среду имеют далеко идущие последствия, которые, в конечном счете, влияют на людей. Поэтому, контролю за нефтью должно уделяться большое внимание. Пока мы находимся в зависимости от нефти и нефтепродуктов, разливы нефти неизбежны. Только за счет тщательного контроля добычи нефти и предотвращения разливов можно будет достигнуть экономические и экологические выгоды [15].

### ***1.3 Способы очистки от нефти***

Существует ряд различных способов, применяемых для очистки от нефти методом физического разделения. Можно упомянуть применение загораживаний против нефти для концентрирования нефти в определенных областях так, чтобы потом можно было откачать нефть из зоны загрязнения [16].

Второй способ подразумевает применение химических средств для разрушения нефти [17]. Нефть, как известно, состоит в основном из гидрофобных соединений, а гидрофобные соединения могут тесно взаимодействовать, то есть плотно агрегировать из-за их общих водоотталкивающих свойств. Силы энтропии объединяют гидрофобные соединения вместе путем вытеснения воды, то есть снижают взаимодействие между молекулами воды и масла. Поэтому ряд химических детергентов используется для того, чтобы растворить нефтяную структуру и, таким образом, сделать нефть более растворимой в воде. Такие поверхностно-активные агенты часто носят амфифильный характер и образуют пленку

между молекулами воды и гидрофобными молекулами, а также обладают соответствующим механизмом действия подобно средствам для мытья посуды или стирки. Образуются водорастворимые мицеллы с нефтяным ядром и с поверхностью/оболочкой из детергента.

Однако использование химических агентов для нарушения взаимодействия между различными молекулами нефти связано с проблемами окружающей среды, поскольку большинство применяемых химических веществ является токсичным. При использовании детергентов нефть не удаляется из воды, просто растворяется нефтяная структура и нефть становится растворимой в воде.

Третьим способом, используемым для решения проблем, возникающих в связи с разливом нефти, является сорбция. [18].

Материалы, используемые для сбора нефти и нефтепродуктов из воды, называются нефтяными сорбентами. Для определения качества нефтяных сорбентов используют три основных показателя: адсорбция, водопоглощение, плавучесть.

Для эффективной борьбы с разливами нефти, сорбенты должны быть как олеофильными так и гидрофобными. Сорбенты чаще всего применяют для удаления оставшихся следов нефти, или в местах, которые не могут быть достигнуты скиммерами [19].

Загрязнитель закреплен на сорбенте двумя процессами:

- адсорбция: удерживание загрязняющего вещества на поверхности сорбента;
- абсорбция: удерживание загрязняющего вещества внутри самого сорбента.

#### ***1.4.Виды сорбентов***

Сорбенты можно разделить на три основных категории: природные органические, природные неорганические и синтетические [21].

*Природные органические сорбенты* включают торф, солому, сено, опилки, наземные початки, перья и другие легкодоступные продукты на



углеродной основе. Органические сорбенты могут поглотить от 3 до 15 веса нефти на вес сорбента. Органические сорбенты могут быть легко утилизированы путем сжигания или разложения. Но есть недостатки их использования. Некоторые органические сорбенты, как правило, адсорбируют воду, а также нефть, в результате чего они тонут. Многие органические сорбенты, такие как древесные опилки, трудно собирать после того, как их рассыпают на воде.

*Природные неорганические сорбенты* состоят из глины, перлита, вермикулита, стекловаты, песка или вулканического пепла. Они могут поглотить от 4 до 20 веса нефти на вес сорбента. Неорганические сорбенты, как и органические сорбенты, недорогие и легкодоступны в больших количествах. Сорбенты такого типа не используются на поверхности воды.

*Синтетические сорбенты* включают в себя искусственные материалы, которые аналогичны пластмассам, например, полиуретан, полиэтилен, и полипропилен, и предназначены для адсорбции жидкости на их поверхности. Другие синтетические сорбенты включают поперечно-сшитые полимеры и резиновые материалы, которые поглощают жидкости в своей твердой структуре, в результате чего сорбент набухает. Большинство синтетических сорбентов может поглощать до 70 раз веса нефти на их собственный вес.

В таблице 3 представлен основной состав растительных сорбентов.

Таблица 3 - состав растительных сорбентов

Сорбент	Целлюлоза	Лигнин	Пентозан	Гексазан	Липиды
Опилки хвойных пород	46-54%	23-26%	10-12%	3%	-
Опилки лиственных пород	46-48%	26-35%	23-29%	3,6%	-
Мох	48-80%	15-18%	8-9%	2,5-3%	5-10%
Торф	48-80%	13-15%	9-10%	3-5%	5-10%

### ***1.5 Требования, предъявляемые к сорбентам***

Особенности сорбентов должны учитываться при их выборе для ликвидации разливов нефти [20]:

1. *Интенсивность поглощения.* Поглощение нефти происходит быстрее с более легкими нефтепродуктами.
2. *Интенсивность адсорбции.* Более вязкая нефть прилипает к поверхности адсорбента более эффективно.
3. *Нефтеемкость.* Масса извлеченной нефти может привести к деформированию структуры сорбента, а при подъеме из воды, он может выпустить нефть, которую удерживал в своих порах. Менее вязкая нефть пропускается через поры легче, чем более тяжелая.
4. *Простота применения.* Сорбенты могут применяться к разливам ручную или механически, при помощи воздушного вентилятора.
5. *Прочность и долговечность.* Долговечность сорбента имеет значение в тех случаях, когда он может быть оставлен на месте разлива в течение продолжительного периода времени.
6. *Стоимость.* Стоимость сорбента значительно варьируется. Органические и неорганические сорбенты сравнительно дешевле, чем синтетические. Несмотря на высокую стоимость синтетических сорбентов, чаще они более эффективны, а в некоторых случаях они могут быть повторно использованы.

### ***1.6 Сорбент мох Sphagnum Dill***

В настоящее время в области нефтедобычи в случае аварийных разливов широко используются сорбенты Канадского производства Nature Corby, Spilcorb, которые основаны на мхе сфагнум (*Sphagnum Dill*) [23]. Сфагнум является перспективным сырьем для производства недорогих и экологически безопасных сорбентов, которые не требуют регенерации. Более 30 видов мха сфагнум были найдены в России на Дальнем Востоке и в

Западной Сибири. По залежам торфа, продукта разложения мха, Томская область занимает 2-ое место в России (около 29 млрд.т).

Растение *Sphagnum Dill* абсорбирует гидрофобные растворители наряду со способностью абсорбировать гидрофильные растворители, такие как вода.

Сфагнум, также называемый торфяным мхом, представляет собой семейство растений, растущий на болотах, на сегодняшний день оно насчитывает около 40 разновидностей. Мох Сфагнум имеет светло – зеленый цвет. Некоторые сорта имеют желтый, розовый, коричневый и темно-красный. В естественных условиях, торф имеет  $pH \approx 4,5$ . Его кислотность связана с окружающей средой, в которой он растет.

Растение образует плотный сплошной покров и вырастает в длину на 1-5 см в год. Только верхние 5-10 см растения являются живыми и способны к фотосинтезу. Нижняя часть растения мертва и мало-помалу превращается в торф. Процесс разложения часто начинается уже на 15 см ниже верхушки, то есть одновременно с наращиванием живой части растения (5-10 см) также идет прирост части с целыми, но мертвыми клетками [23].

Из-за тривиального названия этого растительного семейства, а именно торфяной мох, семейство часто ошибочно принимают за торф. Однако торфом является только разложившаяся часть растения. Поэтому существует принципиальная разница между материалом, который берут из верхних частей (около 15 см) растения, состоящих из целых абсорбирующих клеток, и материалом, взятым из нижних частей (мертвые клетки с разрушенной клеточной структурой и поэтому не способные к абсорбции).

Клеточная структура растительного семейства Сфагнум характеризуется тем, что она состоит из двух типов клеток. Во-первых, растение имеет хлорофильные клетки, выполняющие процесс фотосинтеза. Эти клетки с хлорофиллом как бы зажаты между гораздо большими пустыми и метаболически большей частью "мертвыми" гиалиновыми клетками. Образец клетки изображен на рисунках 1 и 2, хлорофильные клетки

помечены (1), а гиалиновые - (2). Гиалиновые клетки снабжены порами (3) и усиливающими перетяжками (4). У растения *Sphagnum* не развита корневая система, прием питательных веществ происходит через очень маленькие поры по всей поверхности растения. Относительно большие гиалиновые клетки функционируют в качестве запасяющих резервуаров, например, клетки могут содержать количество воды, соответственно примерно в 20 раз больше собственного сухого веса растения. Вода может удаляться путем испарения, и в гиалиновых клетках она замещается воздухом. Стенка гиалиновой клетки, как отмечено выше, снабжена усиливающими перетяжками, поэтому структура клетки поддерживается и после удаления воды. Поэтому высушенные растения сфагнома сохраняют клеточную структуру, а также абсорбирующую способность [24].

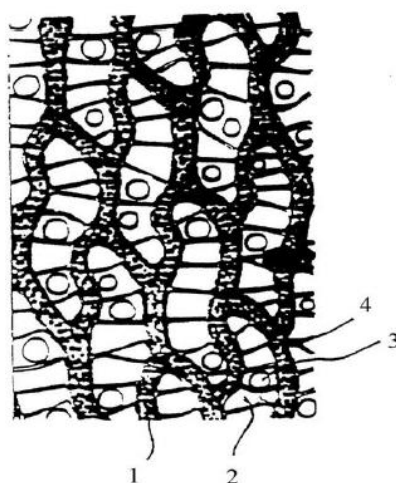


Рисунок 1 - Вид сверху стебля-листа растения из семейства *Sphagnum* Dill

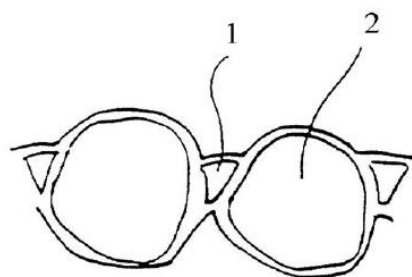


Рисунок 2 - Поперечный разрез стебля-листа

Гиалиновые клетки обладают упомянутыми выше порами и осуществляют активное замещение ионов ионами окружающей среды. Благодаря фотосинтезу при распаде воды в хлорофильных клетках образуются ионы  $H^+$ , и при помощи взаимодействия между гиалиновыми и хлорофильными клетками ионы оказываются в гиалиновых клетках, где они могут быть замещены на другие положительно заряженные ионы из окружающих, таких как  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  и  $Zn^{2+}$ .

### ***1.7 Утилизация сорбентов после использования***

Сорбенты, используемые для сбора нефти, следует утилизировать согласно принятым местным, государственным и федеральным нормам. Любая нефть, которая удаляется из сорбентов, также должна быть надлежащим образом утилизирована или переработана.

Способы утилизации сорбентов после использования различны и зависят от следующих показателей:

- характера загрязняющего вещества;
- природы сорбента;
- насыщения загрязняющего вещества;
- насыщения водой;
- наличия минеральных веществ (например, песок) или органических веществ (например, водоросли), с которыми может быть смешано загрязняющее вещество;
- объема отходов, подлежащих обработке.

Традиционные методы утилизация нефтесорбентов – это сжигание, захоронение или размещение использованного сорбента на специальных полигонах. Сжигание должно проводиться в специальных мусоросжигательных установках промышленных отходов и в соответствии с действующими нормами.

Все сооружения для захоронения промышленных токсичных отходов должны иметь мощную изоляцию от окружающей среды [22].

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Объект исследования мох *Sphagnum Dill*

Объектом исследования данной работы является сорбент мох *Sphagnum*. Сфагнум, также называемый торфяным мхом, представляет собой семейство растений, растущий на болотах, имеет светло – зеленый цвет. Некоторые сорта имеют желтый, розовый, коричневый и темно-красный [30].

В природной среде мох обладает  $pH \approx 4,5$ . Такой показатель кислотности связан с окружающей средой, в которой он произрастает, а также присутствием в составе его клетки гумусовой кислоты, которая является естественным побочным продуктом жизнедеятельности растения [24].

В образовании ионообменных комплексов во мхе участвуют гуминовые кислоты, гемицеллюлозы, лигнин и отчасти отдельные минералы, главным образом глинистые. В общей емкости обмена мха на долю гуминовых кислот приходится более 50%, гемицеллюлоз – 30-40%, целлюлозы и лигнина – 5–10% [31].

Обменными центрами во мхе являются активные функциональные группы, главным образом  $COOH$ ,  $OH$ , находящиеся при ядре и алифатической периферийной части макромолекул гуминовых веществ.

Непременными сопутствующими веществами целлюлозы являются гемицеллюлозы. Это, как правило, углеводы с 5 и 6 атомами углерода в основном звене. Общие их формулы —  $(C_6H_8O_4)_n$  и  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , где  $n$  — степень полимеризации. Эти продукты ответственны за обменно-сорбционную способность. Чем больше в целлюлозе гемицеллюлоз и продуктов деструктивного распада, тем выше сорбционная активность. Степень полимеризации гемицеллюлоз — 100—200, поэтому они образуют отдельные цепочки, которые могут входить в упорядоченные и неупорядоченные участки. Упорядоченные участки трудно гидролизуются, поэтому при гидролизе целлюлозы гемицеллюлозы гидролизуются

совместно. Кроме углеводов при кислотном гидролизе в гидролизате могут находиться уроновые кислоты, цепи которых содержат звенья с карбоксильными группами.

С углеводами растений связан лигнин. Высказывается предположение, что существует химическая связь лигнина с гемицеллюлозами, а также возможность  $\beta$ -фенилглюкозидной связи с полисахаридами клетки по схеме.

Гуминовые вещества, водорастворимые, легко- и трудногидролизуемые углеводы, а также лигнин составляют гидрофильную часть мха. Гидрофобными являются битумы мха. Твердые компоненты мха в естественных условиях имеют агрегатное строение из органических и органоминеральных комплексов. Объединение макромолекул в ассоциаты осуществляется посредством химических, межмолекулярных, капиллярных сил и главным образом водородных связей [31]. Большое количество и разнообразие активных функциональных групп ( $\text{COOH}$ ,  $\text{OH}$  и др.) в твердых компонентах мха (особенно в гуминовых веществах) обуславливают высокую его сорбционную и ионообменную способность. Поэтому агрегаты (ассоциаты) мха неустойчивы, их размеры и компактность зависят от влажности, концентрации сухого веществ, кислотности, содержания катионов и многих других факторов.

Агрегаты, образующиеся в высокодисперсной части мха, в зависимости от условий могут разрушаться в одном месте системы и возникать в другом. Ассоциаты имеют рыхлую (гелеобразную) структуру, их внутренние полости – ячейки микроструктуры (микропористость) – заполнены влагой.

## 2.2. Методы исследования

### 2.2.1 Определение адсорбционной способности мха по метиленовому голубому

Использование фотоколориметрического метода обеспечивает высокую точность результата (погрешность 1-2 отн.%) и часто используется в концентрированном анализе [25].

Во время пропускания луча света сквозь слой окрашенного вещества, некая часть отражается, другая-поглощается, и часть света проходит насквозь вещества.

Падающий световой поток при проходе сквозь раствор разлагается на составляющие:

$$I_0 = I + I_{\text{п}} + I_{\text{от}}. \quad (1)$$

Здесь  $I$  — интенсивность светового потока, прошедшего через слой раствора вещества;  $I_{\text{п}}$  — интенсивность светового потока, поглощенного окрашенным веществом;  $I_{\text{от}}$  — интенсивность отраженного светового потока.

Зависимость интенсивности монохроматического светового потока, прошедшего через слой окрашенного раствора, от интенсивности падающего потока света, концентрации окрашенного вещества и толщины слоя раствора определяется следующим уравнением:

$$I = I_0 \cdot 10^{-kcl} \quad (2)$$

Здесь  $k$  — коэффициент поглощения, зависящий от природы растворенного вещества, температуры, растворителя и длины волны света ( $\lambda$ ).

Данная формула известна как закон Бугера—Ламберта—Бера, и относится к основному закону светопоглощения и является основой для всевозможных фотометрических методов анализа [32].



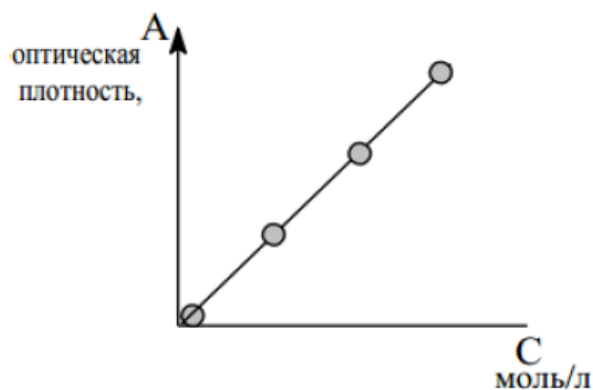


Рисунок 3 - Графическое изображение зависимости  $A=f(C)$

$$I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon lc}, \quad (3)$$

или

$$-\lg T = A = \epsilon lc, \quad (4)$$

где  $\epsilon$  – молярный коэффициент поглощения (коэффициент экстинкции);  $l$  – толщина светопоглощающего слоя;  $c$  – концентрация раствора [32].

В основном, для того чтобы оценить качества сорбентов, используются методы, которые предназначены для характеристики активных углей. Во всем многообразии данных методов распространен метод который используют для определения адсорбционной способности активированного угля по мелассе, метиленовому голубому (МГ), йоду, 4-хлоранилину.

Для определения адсорбционной способности сорбента использовалась стандартная методика [33], применяемая для определения поглотительной способности древесного осветляющего порошкообразного АУ. В стандартной методике [33] за меру активности сорбента считается количество красителя метиленового голубого, поглощенного из раствора навеской АУ. При этом концентрация МГ в растворе до и после адсорбции определяется быстро и надёжно с помощью электрофотоколориметрии.

По технологической классификации, краситель метиленовый голубой (метиленовый синий, метиленовая синь) является основным (катионным) красителем. По химической классификации МГ относится к теазиновым красителям, которые входят в группу хинониминовых красителей, производных фенотиазина. Его эмпирическая формула  $C_{16}H_{18}N_3SCl$ , молекулярный вес 319,85.

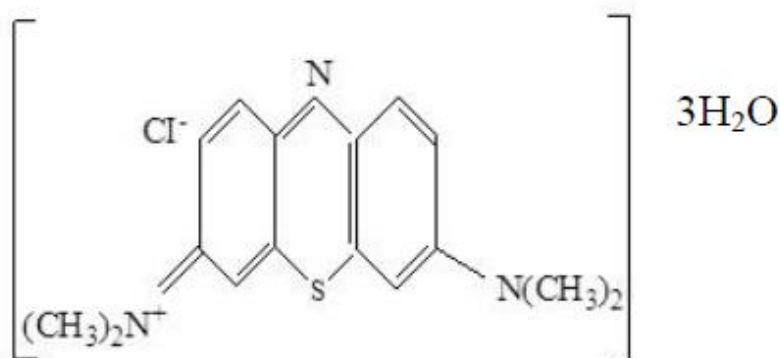


Рисунок 4 - Структурная формула МГ (хлоргидрат)

Краситель метиленовый голубой вещество, хорошо растворимое в воде, хлороформе и спирте. В водной среде метиленовый голубой, как катионный краситель разлагается с образованием окрашенного катиона и бесцветного аниона.

В следствии того что, мох является гидрофильным сорбентом, были проведены предварительные опыты по подбору оптимальной концентрации МГ, необходимого количества объема раствора МГ, скорости перемешивания и времени контакта сорбента с раствором.

После проведенных исследований, концентрацию раствора МГ принято считать равной 1000 мг/дм<sup>3</sup>.

Для этого в необходимое количество цилиндров заливалось по 11 мл раствора метиленового голубого и через воронку добавляется по 1 г сорбента. Размер частиц регулировался путем просеивания через сито с диаметром пор 0,14 мм, 0,5 мм, 1 мм, и 1,4мм. Момент засыпки мха считается началом замачивания, которое продолжается в течение 10 минут. Для удобства смачивания закрывали цилиндры резиновыми пробками и

покачивают их в наклонном положении, добиваясь перехода частиц сорбента с поверхности и со стенок в объем раствора. Общее время контакта мха с раствором МГ составляет 50 минут. По окончании перемешивания раствор фильтруется, затем измеряли оптическую плотность растворов МГ на спектрофотометре.

#### *Построение градуировочного графика по МГ*

Для построения градуировочного графика используют эталонные растворы чистого вещества. Для того чтобы построить график нужно приготовить от 5 до 10 растворов с разной концентрацией с таким расчетом, чтобы этого количества хватило на описание всего интервала, в пределах которого в дальнейшем будет измеряться концентрация определяемого вещества.

Приготавливают рабочий раствор МГ с концентрацией  $1000 \text{ мг/дм}^3$ . При этом должна быть учтена форма выпуска МГ-хлоргидрат или цинковая соль. Для этого в мерную колбу емкостью  $1 \text{ дм}^3$  пересыпают с часового стекла навеску МГ, взвешенную с точностью до  $0,001 \text{ г}$ . Прилипшие к часовому стеклу частицы смывают в колбу дистиллированной водой. Полученную взвесь МГ в воде растворяют перемешиванием в течение часа. Затем, убедившись в отсутствии твердых частиц в колбе, доливают ее до метки и тщательно перемешивают раствор. Для построения градуировочного графика отмеривают в 10 мерных колб емкостью  $50 \text{ мл}$  с помощью бюретки  $5; 7,5; 12; 15; 18; 19,5; 22,5; 27; 30$  и  $34,5 \text{ см}^3$  раствора МГ концентрацией  $1000 \text{ мг/дм}^3$ . Доливают колбы дистиллированной водой до метки и хорошо перемешивают. Полученные концентрации МГ составят:  $100; 150; 240; 300; 360; 390; 450; 540; 600$  и  $690 \text{ мг/дм}^3$ . Оптическую плотность растворов измеряют на спектрофотометре при ширине кювет  $1,075 \text{ мм}$ . По результатам измерений строят график в координатах «оптическая плотность-концентрация МГ» в  $\text{мг/дм}^3$ .

Для того чтобы построить градуировочный график, необходимо подобрать концентрации растворов и толщину кювет так, чтобы значения крайних оптических областей при съеме данных колебалось от 0,05 до 1,5.

В случае того если значения оптической плотности будет ниже 0,05 и выше 1,5 величина погрешности при измерении может значительно увеличиться.

Для того чтобы была возможность определить область поглощения метиленового голубого необходимо было снять УФ-спектр на спектрофотометре Evolution – 201. Длина волны при снятии спектра находилась в диапазоне от 400 до 800 нм. Характерными областями для данного красителя является область поглощения при  $\lambda=612$  нм и  $\lambda=668$  нм.

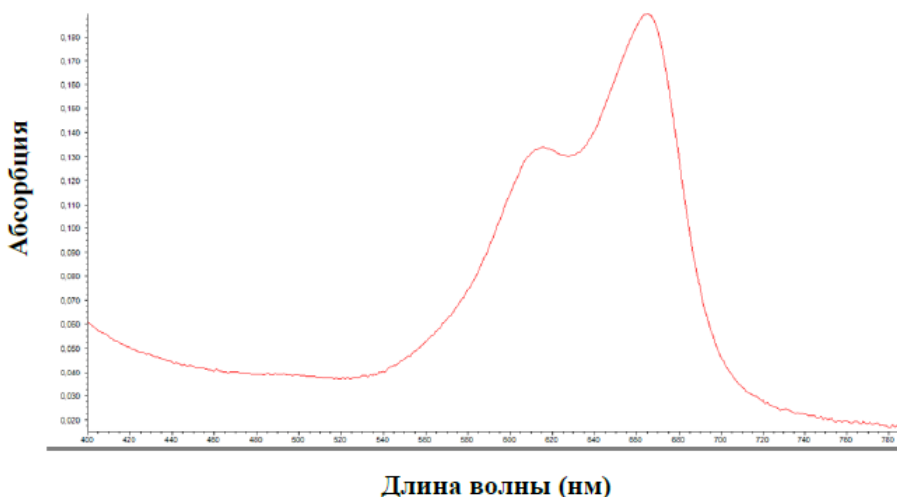


Рисунок 5 - Электронный спектр поглощения МГ

В дальнейшем все расчеты концентрации МГ в сорбенте и остаточную концентрацию МГ в растворе определяли с использованием калибровочных графиков, представленных на рисунке 6

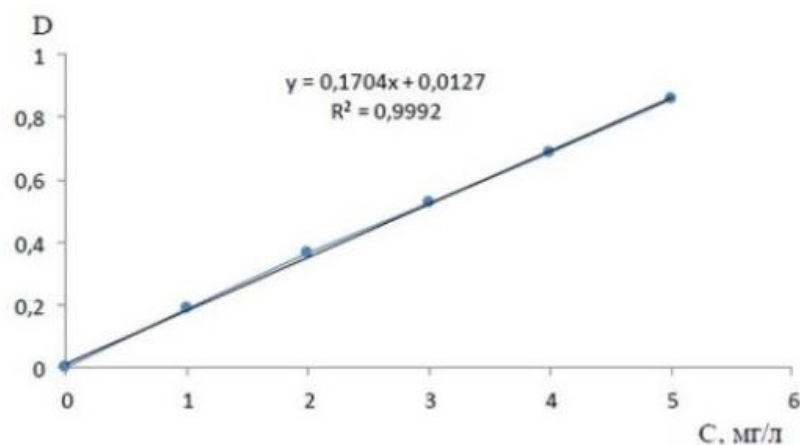


Рисунок 6 - Зависимость адсорбции МГ при различных концентрациях

### 2.2.2 Определение основных характеристик сорбентов

*Нефтемкость* (НЕ, г/г), *водопоглощение* (ВП, г/г) определяли по методике ТУ 214-10942238-03-95. Способность сорбентов одновременно поглощать нефть и воду оценивали следующим образом: на поверхности воды создавали пленку нефти толщиной от 0,5 до 5 мм. На поверхность пленки наносили сорбент, из расчета 0,3 г на 10 см<sup>2</sup> и выдерживали от 6 до 96 часов. По истечении времени мох отфильтровывали и экстрагировали адсорбированные нефтепродукты четыреххлористым углеродом. Количество поглощенной нефти определяли гравиметрическим методом.

Для определения *плавучести сорбента* используют стандартную методику [38]. Навеска сорбента массой от 0,1 до 5 г помещается в стакан объемом 100 мл, наполненный водой. Толщина слоя сорбента в стакане составляет около 4 мм. Время пребывания сорбента в воде варьировалась: 12 ч, 24 ч; 36 ч, 48 ч, 96ч. По истечении установленного времени сорбент, оставшийся на плаву, вынимали, просушивали до постоянного веса. Затем по разнице весов определялось количество утонувшего сорбента.

*Водопоглощение.* Водопоглощение определяли по формуле:

$$W = (M_1 - M) / M * 100, \quad (5)$$

где  $W$  – Водопоглощение, %;  $M_1$  – вес образца после пребывания в воде, г;  $M$  – вес образцов до погружения в воду, г.

## 2.3 Способы модификации сорбентов

### 2.3.1 Химическая модификация.

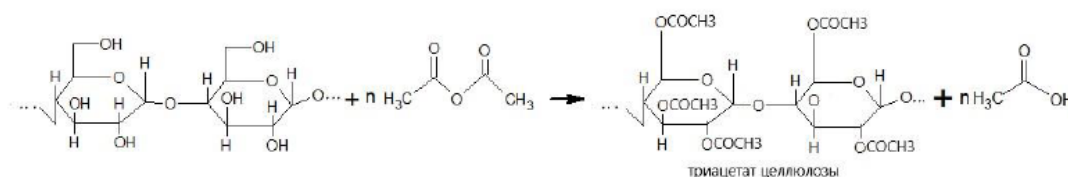
#### *Обработка сорбента парами уксусного ангидрида*

В элементарном звене целлюлозы содержится три гидроксильные группы.

Синтез сложных эфиров целлюлозы этерификацией гидроксильных групп проводился ангидридом уксусной кислоты в кислой среде (10% уксусной кислоты от веса мха). Для повышения гидролитической активности предварительно мох подвергали активации парами уксусного ангидрида.

К навеске мха добавляли раствор уксусной кислоты в соотношении 1:13. Данную смесь нагревали до температуры 40-50 °С в течение 1 часа. Затем к смеси добавляли 10% уксусной кислоты от веса сорбента и 14 мл уксусного ангидрида.

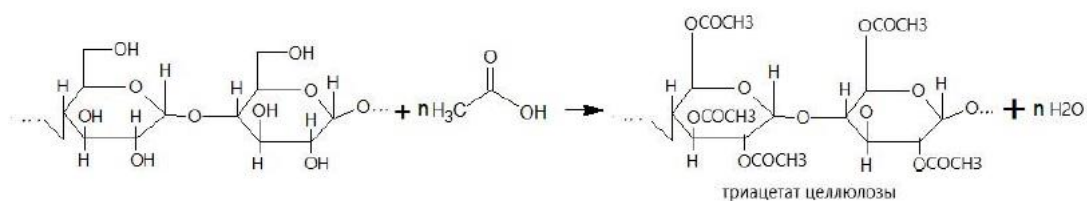
Ацетилирование мха проводили при температуре 80°С в течение 1 часа, после чего сорбент отфильтровывали, промывали водой до нейтральной среды и сушили до постоянного веса.



#### *Обработка сорбента парами уксусной кислоты.*

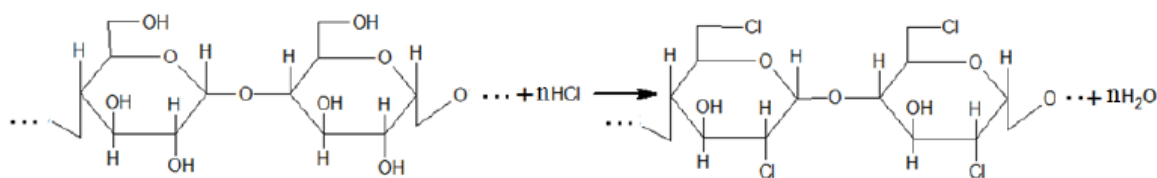
Для увеличения гидрофобности мох подвергается обработке парами уксусной кислоты

Данный способ модификации сорбентов заключается в обработке сорбента парами 0,1 Н раствора уксусной кислоты на водяной бане при температуре 80 °С в течении 1 часа. По истечению времени, сорбент промывается до pH=7, фильтруется и сушится до постоянного веса.



### *Обработка сорбента парами соляной кислоты.*

Еще одним из способов увеличения гидролитической активности является активация сорбента парами соляной кислоты (1% раствор). Процесс проводился при температуре 80 °С в течении 1 часа, после чего сорбент отфильтровывали, промывали водой и сушили до постоянного веса, для удаления остатков физически связанной воды.



### *2.3.2. Физическая модификация*

#### *Термическая обработка*

Второй способ повышения гидрофобизации заключался в термической обработке мха при температурах от 100°С до 400°С. Навеску мха (4 г) загружали в колбу, затем закрывали ее для предотвращения доступа воздуха в зону карбонизации. Время обжига при установившейся температуре составляло 60 мин, в течение которого колбу со мхом периодически поворачивали в печи вокруг своей оси. Цвет мха в зависимости от температуры карбонизации менялся от желтого до темно-коричневого.

Степень обугливания определяли по формуле:

$$R = C_{\tau} / C_0 \cdot 100 \% , \quad (6)$$

где  $C_0$  и  $C_{\tau}$  масса мха до и после карбонизации. Разницу степени обугливания определяли как:

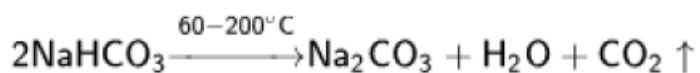
$$\Delta R = 100\% - R \quad (7)$$

### *Вымораживание*

Еще одним из способов повышения гидрофобизации является вымораживание сорбентов при температуре -15 °С. Навеску мха, клали на чашку Петри, затем отправляли в морозильную камеру на 24 часа. Затем высушивали в сушильном шкафу при температуре 100°С

### *Обработка сорбента раствором гидрокарбоната натрия*

Одним из способов увеличения поглотительной способности сорбента является обработка его раствором гидрокарбоната натрия. Навеску мха, (5 гр) помещали на чашку Петри, затем добавляли в нее 10-% раствор карбоната натрия, и оставляли на 30 минут. По истечению времени, сорбент отфильтровывали, параллельно промывая водой, до достижения нейтральной среды. Затем сорбент помещали в сушильную печь на 1 час, для полного устранения физически связанной воды в порах сорбента.



### *Фракционирование*

Сорбенты, обладающие высокой крупностью, измельчают в ступке. Необходимая фракция сорбента отбирается методом просеивания. Просеивание осуществляется «сухим» способом. При использовании данного метода сорбент просушивают на воздухе и просеивают через набор стандартных сит.



## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### ***4.1. Предпроектный анализ***

#### ***4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования***

В последнее время, в связи с резким ухудшением экологической обстановки на всей Земле, решение проблем защиты растительного животного мира от техногенного воздействия становится настоятельной необходимостью. Немаловажной составляющей этой большой проблемы является ликвидация последствий разливов нефти в результате аварийных ситуаций различного масштаба попадания нефти и нефтепродуктов в водную среду.

Сегодня для ликвидации разливов нефти производятся или используются около двух сотен различных сорбентов, которые подразделяют на неорганические, природные органические и органоминеральные, а также синтетические. Качество сорбентов определяется главным образом их емкостью по отношению к нефти, степенью гидрофобности, плавучестью после сорбции нефти, возможностью десорбции нефти и регенерации или утилизации сорбента.

В настоящее время в области нефтедобычи в случае аварийных разливов широко используются сорбенты, которые основаны на мхе Сфагнум (Sphagnum). Сфагнум является перспективным сырьем для производства недорогих и экологически безопасных сорбентов, которые не требуют регенерации.

		Страны производители													
		Россия						Казахстан				ОАЭ		Египет	
Размер компании	Крупные	Фирма А										Фирма Б			
	Средние	Фирма А										Фирма Б			
	Мелкие											Фирма Б			

Фирма А

Фирма Б

Рисунок 28 - Карта сегментирования рынка по странам, в которых во время нефтедобычи может произойти аварийный разлив нефти.

Так как, разработанный нами сорбент, предназначен для сорбции нефти и нефтепродуктов из водных сред, то основными потребителями сорбента являются заводы, деятельность которых приводит добычи нефти.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для внесения коррективов в научное исследование чтобы лучшего противостоять конкурентам, необходимо выявить и проанализировать сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot b_i \quad (8)$$

Где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$b_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 8 -Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			
		<i>Мох</i>	<i>АУ</i>	<i>Опилки</i>	<i>Nature Corby</i>
1	2	3	4	5	6
<b>Свойства сорбентов</b>					
1. Экологичность	0,2	5	5	5	4
2. Нефтеемкость	0,1	5	2	3	5
3. Гидрофильность	0,1	5	2	4	4
4. Пористость	0,1	5	5	5	5
5. Удельная поверхность	0,2	5	5	5	5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	1	4	1	5
2. Стоимость	0,2	5	1	5	1
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>31</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>29</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (9)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Результаты вычислений показали, что  $K_{\text{мох}}=4,6$ , а  $K_{\text{АУ}}=3,5$ .

Несмотря на то, что активированный уголь более развит на рынке, чем мох, однако, конкурентоспособность у него получилась меньше. Это можно объяснить тем, что по свойствам мох лучше подходит для ликвидации нефти с водной поверхности, чем активированный уголь. Конкурентным преимуществом использования мха, по сравнению с активированным углем, является его низкая стоимость. Такое преимущество может заинтересовать инвесторов.

Мох обладает высокой нефтеемкостью (0,5-2,7 г нефти/г), и гидрофильностью. Активированный уголь обладает более низкими показателями (нефтеемкость = 0,8-1,2 г нефти/г).

Указанные свойства мха могут стать предпосылкой для создания простой, экономически выгодной и экологически безопасной сорбционно-биологической технологии ликвидации нефтезагрязнений на его основе.

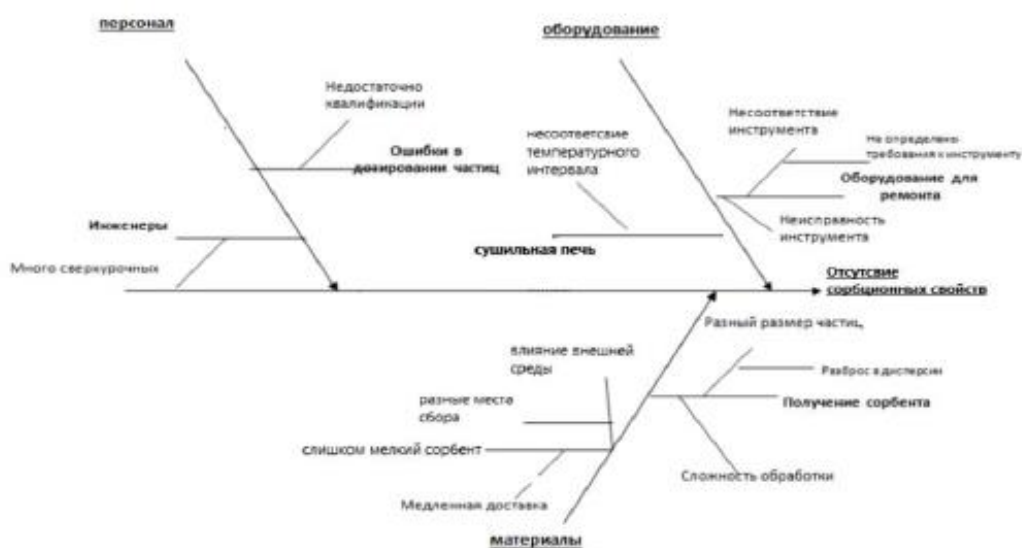
#### 4.1.3 Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Для выявления факторов, влияющих на объект анализа, был использован прием 3М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- сырье, материалы(Material);

Причинно-следственная диаграмма Исикавы для данного случая представлена на рисунке 29. Как видно из диаграммы, было выявлено 3 фактораприводящих к проблеме повышения эффективности сорбента: материалы, оборудование и персонал.



## Рисунок 29- Диаграмма Исикавы

Исходя из рисунка 29 можно сделать вывод о том, что основным из трех факторов, которые могут привести к отсутствию сорбционных свойств сорбента, является материалы.

### **4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации**

На каждой стадии жизненного цикла научной разработки необходима оценка степени её готовности к коммерциализации, а так же выяснение уровня знаний разработчика для её проведения и завершения. С этой целью была заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенции разработчика научного проекта.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i , \quad (10)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Таблица 9 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5

3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	1
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	5
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	0
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>37</b>	<b>37</b>

По итогам степени готовности научного проекта к коммерциализации  $B_{\text{сум}}=37$ . Перспективность научной разработки оказалась средней. Это вызвано недостатком финансирования, необходимого оборудования, квалифицированных специалистов, а также спроса на данный сорбент. Для повышения перспективности следует проводить доработку научного проекта.

#### ***4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования***

В качестве метода коммерциализации объекта исследования был выбран *инжиниринг*. Основанием для выбора данного метода являлось то, что потенциальные заказчики могли бы получать услуги, связанные с разработкой технологии по ликвидации нефтезагрязнений с водной

поверхности при использовании природного сорбента мха, а также получение консультаций в данной области.

#### **4.1.6 Инициация проекта**

На стадии инициации проекта определяются начальные финансовые ресурсы, а так же круг внешних и внутренних заинтересованных сторон проекта, их взаимодействие и влияние на общий результат научного исследования.

#### **4.1.7 Цели и результат проекта**

В таблице 10 представлена информация о заинтересованных сторонах проекта - это заказчик и исполнитель, и их ожидания относительно результатов проекта. Также в таблице 11 сформулированы цели проекта и требования к его результатам.

Таблица 10 - Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Научно-исследовательские институты	Получение сорбента со свойствами, не отличающимися от свойств канадского мха.
Крупные нефтяные компании (например, ОАО «Газпром», ОАО «НК «Роснефть»)	Получение сорбента с высокой нефтеемкостью, низким водопоглощением, приемлемой ценой.

Таблица 11 Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Получение сорбента с высокими адсорбционными, физико-химическими свойствами
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Замена мха канадского производства на Российский
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Соответствие стандарту
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Достижение высоких физико-химических свойств
	Повышенная нефтеемкость
	Экологичность
	Низкое водопоглощение

	Использование в практической деятельности
--	---

#### **4.1.8 Организационная структура проекта**

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 12

Таблица 12 Рабочая группа проекта

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО, основное место работы, должность</b>	<b>Роль в проекте</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудозатраты, час.</b>
1	Ротарь Ольга Васильевна	Руководитель магистерской диссертации	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта.	100
2	Гесс Татьяна Андреевна	магистрант	Выполнение магистерской работы, исследование свойств мха, модификация сорбента.	2100
3	Егошина Анастасия Владимировна	Магистрант 1 года обучения	Выполнение магистерской работы, исследование свойств мха, модификация сорбента.	200
4	Криницына Зоя Васильевна	Консультант раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Курирование выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» в магистерской диссертации	2
5	Король Ирина Степановна	Консультант раздела «Социальная ответственность»	Курирование выполнения раздела «Социальная ответственность» в магистерской диссертации	2
<b>ИТОГО:</b>				<b>2424</b>



#### ***4.1.9 Ограничения и допущения проекта***

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 13- Ограничения проекта

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/ допущения</b>
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2016
3.2.2. Дата завершения проекта	01.06.2018

#### ***4.1.10 Планирование управления научно-техническим проектом***

Группа процессов планирования включает в себя процессы, необходимые для определения содержания работ, уточнения целей, а так же разработки последовательности необходимых для достижения поставленных целей действий.


#### ***4.1.11 План проекта***


В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , дни	Сен-окт.	Нояб-дек.	Янв-февр	Март-апр.	Май-июнь	Сент-окт.	Янв-февр	Март	май	июн
Определение целей и задач, разработка плана	Руководитель, магистрант	7										
Обзор литературных источников, дизайн экспериментальной части	Магистрант	21										
Выбор основных подходящих способов модификации	Руководитель, магистрант	28										
Определение адсорбционной способности различных сорбентов, выбор наилучшего сорбента	Магистрант	70										
Проведение физической модификации	Магистрант	49										
Проведение химической модификации	Магистрант	14										
Анализ результатов, составление отчётов	Руководитель, магистрант	28										
Написание диссертации	Магистрант	56										

Рисунок 30 — Календарный план-график проведения проекта по теме «Способы модификации целлюлозосодержащих нефтесорбентов »

 работы, выполняемые магистрантом;

 работы, выполняемые руководителем

#### **4.1.12 Бюджет научного исследования**

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых-расходов, необходимых для его выполнения.

Таблица 14 - Группировка затрат по статьям

Вид работ	Статьи						
	Сырье, материал, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
16.	665,778	3890,24	664281	66428,1	198022,1	584567,28	1517854,51

#### ***Сырьё, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)***

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов.

Таблица 15 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб. с НДС	Сумма, руб.
Мох	Sphagnum	4 кг	320	320
Нефть	Ангарское месторождение	2 л	60	60
Соляная кислота	ГОСТ 3118-77	200 мл	40	40
Уксусная кислота	ГОСТ Р 55982	200 мл	90	90
Уксусный ангидрид	ГОСТ 5815-77	200 мл	150	150
Всего за материалы				660
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				5,778
Итого по статье $C_m$				665,778

#### ***Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ***

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной

аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Таблица 16 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Срок службы оборудования, год	Общая стоимость оборудования с учетом доставки и монтажа	Сумма амортизационных отчислений за время использования, руб.
1.	Шкаф вытяжной	1	52070	20	59880	433,74
2.	Спектрофотометр «Evolution»	1	931 531	15	961900	2650,5
3.	Весы аналитические AS/310/C/2	1	57260	5	65849	476,9
4.	Муфельная печь «SNOL»	1	42 035	15	45820	329,3
	Итого	-	1082896	-	1133449	3890,24

Расчёт амортизационных отчислений осуществляется по формуле:

$$E_{\text{ам}} = \frac{\sum K_{\text{оби}} \cdot H_{\text{оби}} \cdot T_{\text{оби}}}{365 \cdot 100}$$

где  $K_{\text{оби}}$  — стоимость ед. прибора или оборудования, руб.;

$H_{\text{ами}}$  — норма амортизации прибора или оборудования, %;

$T_{\text{оби}}$  — время использования оборудования, дни.

### **Основная заработная плата**

В настоящую статью включается основная заработная плата работников, непосредственно участвующих в исследовании, включая премии, доплаты и дополнительную заработную плату. Величину расходов по данной статье определяют с учётом трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (11)$$

$$C_{\text{зп}} = 233\,937 + 23\,393,7 = 257\,330,7 \text{ руб.}$$

где  $Z_{\text{осн}}$  — основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (12)$$

$$Z_{\text{осн}} = 1\,251 \cdot 540 = 664\,281 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 137 \cdot 536 = 72\,199 \text{ руб.}$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (13)$$

$$Z_{\text{дн}} = 22\,500 \cdot 10,4 / 540 = 1\,251 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = 2\,500 \cdot 11,2 / 536 = 137 \text{ руб.}$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 17)

Таблица 17 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней	728	728
Количество нерабочих дней		
- выходные дни		
- праздничные дни	132	132
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	60
- невыходы по болезни		
Эффективный фонд рабочего времени	540	536

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (14)$$

$$Z_{\text{м}} = 22\,500 \cdot (0,5 + 0,5) = 29\,250 \text{ руб.}$$

где  $Z_6$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 18 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_6$ , руб.	$k_{пр}$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	22500	0,5	1.3	29250	1251	540	664281
Магистрант	2500				137	536	72199

### *Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала*

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (15)$$

$$Z_{доп} = 0,1 \cdot 664281 = 66428,1 \text{ руб.}$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Таблица 19 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	664281	72199
Дополнительная зарплата	66428,1	-
Итого по статье $C_{зп}$	730709,1	

### **Отчисления на социальные нужды**

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (16)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

Таблица 20 - Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Инженер
Заработная плата	730709,1	72199
Отчисления на СН	198022,1	19565,9

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

### **Накладные расходы**

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (17)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

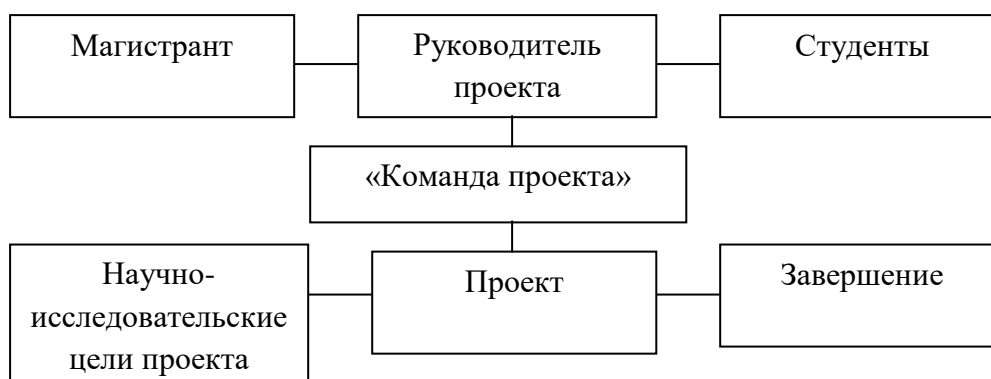
$$C_{\text{накл}} = 0,8 * 730709,1 = 584567,28 \text{ руб.}$$

#### 4.1.13 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная. Поскольку степень неопределённости условий реализации текущего проекта и его сложность являются высокими и в связи с новизной предлагаемой технологии данное исследование имеет проектную организационную структуру.

Таблица 21 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Высокая
Технология проекта	Новая
Сложность проекта	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Низкая





## Рисунок 31 - Проектная организационная структура научного проекта

### ***4.1.14 Матрица ответственности***

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности

Таблица 22 - Матрица ответственности

Этапы проекта	Роль/должность	Роль/должность
1. Составление технического задания	(О) / К.х.н., доцент каф. ТОВПМ	
2. Изучение литературы	(И) /магистрант	
3. Патентный поиск	(И) /магистрант	
4. Проведение эксперимента	(И) /магистрант	
5. Обработка экспериментальных данных	(О) / К.х.н., доцент каф. ТОВПМ	(И) /магистрант
6. Обсуждение полученных результатов	(О) / К.х.н., доцент каф. ТОВПМ	(И) /магистрант
7. Выводы	(О) / К.х.н., доцент каф. ТОВПМ	(И) /магистрант
8. Оформление диссертации	(И) /магистрант	

*Ответственный (О)*– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

*Исполнитель (И)* – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

### ***4.1.15 План управления коммуникациями проекта***

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 22 - Плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Информация о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Еженедельно (пятница)
2.	Документы и информация по проекту	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Еженедельно (любой рабочий день)
3.	Отчет о проделанной работе	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Не позже сроков графиков и контрольных точек

#### 4.1.16 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 23 - Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Отсутствие финансирования	4	4	Высокий	Заинтересовать инвесторов	Незаинтересованность в данной разработке
2	Ограничения внедрения на рынок	4	4	Высокий	Провести маркетинговый анализ	Нет рекламы
3	Отсутствие прототипа научной разработки	5	5	Высокий	Выявить сильные и слабые стороны конкурентов	Наличие альтернативных разработок

Из таблицы видно, что уровень риска проекта высокий, прежде всего, из-за незаинтересованности потенциальных потребителей в данной

разработке, отсутствия финансирования, а также из-за уже имеющихся альтернативных разработок на рынке.

#### **4.1.17 План управления контрактами и поставками**

Этот план формируется в случае необходимости заключения контрактов для осуществления поставок или работ по проекту.

Таблица 24 - Требования к объектам контрактов

№	Объект контракта (продукт/услуга)	Требования к продукту/услуге	Требования к срокам поставки	Требования к поставщику/подрядчику
1.	Мох Sphagnum	Определенная влажность, повышенная нефтеемкость	По требованию	Своевременность оплаты

## **4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

### **4.2.1 Оценка сравнительной эффективности исследования**

Чтобы определить эффективность исследования, необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Для этого определяют две средневзвешенные величины: финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (18)$$

где  $I_{\phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица 25 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себ-ть
1	2000	200000	255899	100049	536000
2	1000	150000	200500	95598	325000

Найдем значения интегрального финансового показателя для всех вариантов исполнения научного исследования:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{435000}{536000} = 0,8$$

$$I_{\phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{325000}{536000} = 0,6$$

$$I_{\phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{536000}{536000} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы, то есть наша разработка обладает наименьшей стоимостью по сравнению с аналогами.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяют следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (19)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;  
 $a_i$  – весовой коэффициент i-го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Результат расчетов представим в виде таблицы:

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Экологичность	0,1	5	4	3
2. Доступность	0,15	4	3	4
3. Эффективность	0,15	5	4	3
4. Удобство в эксплуатации	0,20	5	4	2
5. Простота эксплуатации	0,25	5	5	5
6. Возможность вторичного производства	0,15	1	2	3
ИТОГО	1	25	22	20

$$I_m^p = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,15 = 4,25$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,50 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,15 = 3,8$$

$$I_2^A = 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 = 4,25$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финр}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (20)$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,25}{0,8} = 5,3$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{3,8}{0,6} = 6,3$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{3,45}{1} = 3,34$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{\phi}^{a1}} = \frac{5,3}{6,3} = 0,8$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{\phi}^{a2}} = \frac{5,3}{3,45} = 1,5$$

где  $\mathcal{E}_{cp}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_m^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{\phi}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 27 - Сравнительная эффективность разработки с первым аналогом.

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,72	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	4,25	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	3,8	5,9	4,31
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,55	1,37	

**Вывод:** при сравнении значений интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.